Лабораторная работа №7
Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осциллографа

18

Протокол

Студент группы

Преподаватель

Параметры приборов

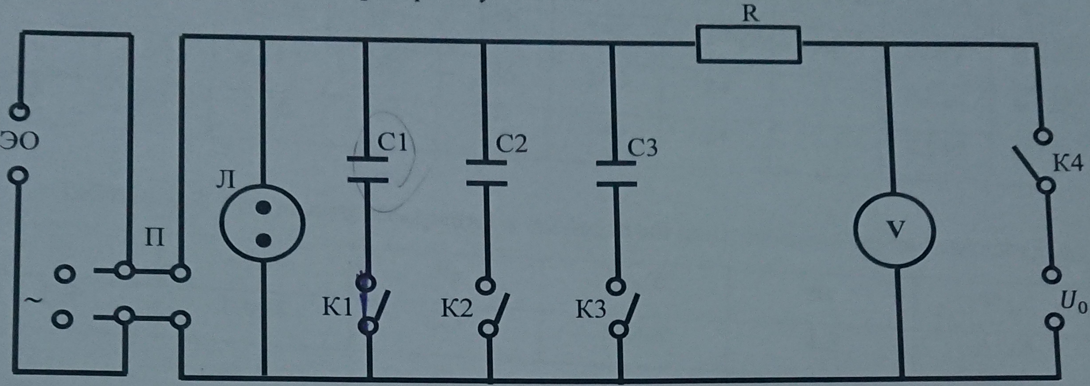
Название прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности	Системат. погрешн.
Вольтметр	200 В	0,5 В/дел	2,5	0,25
Линейка осциллографа		0,1	1	0,5

Результаты измерений

контур	n, дел	$T_{изм}$	U_0, В	$U_л$, В	$U_г$, В	R, кОм	C, мкФ	$T_{выч}$	ΔT
1	7	0,056	195	175	140	24	0,5	0,012	0,044
2	14	0,112	195	175	140	24	1	0,024	0,088
3	20	0,16	195	175	140	24	1,5	0,036	0,124

n_1	Δt_1	n_2	Δt_2	n_3	Δt_3
2,3	0,008	2,3	0,008	2,3	0,008

1. Цель работы: расчет периодов релаксационных колебаний в RC-контуре при различных электроемкостях контура; измерение периодов релаксационных колебаний при помощи электронного осциллографа и сравнение теоретических и экспериментальных данных.
2. Электрическая схема лабораторной установки



3. Рабочие формулы

3.1 Цена деления сетки на экране осциллографа

$$\Delta t_1 = \frac{T_0}{n_1} \qquad (1)$$

3.2 Период релаксационных колебаний

$$T_{изм} = n * \Delta t_{ср} \qquad (2)$$

3.3 Период релаксационных колебаний для каждого значения электроемкости, включаемой в контур

$$T_{выч} = RC * \ln\frac{U_0 - U_Z}{U_0 - U_л} \quad (3),$$ где

R – сопротивление

C – электроемкость конденсатора

U_0 – постоянное напряжение

U_A – напряжение, при котором загорается лампа тлеющего заряда

U_Z – потенциал погасания лампы

3.4 Разность периодов колебаний

$$\Delta T = T_{изм} - T_{выч} \quad (4)$$

4. Результаты измерений и вычислений

Таблица 4.1. Результаты измерений и вычислений периодов

Контур	n, дел	$T_{изм}$, с	U_0, В	$U_л$, В	U_Z, В	R, кОм	C, мкФ	$T_{выч}$, с	ΔT, с
1	7	0,056	195	175	140	24	0,5	0,012	0,044
2	14	0,112	195	175	140	24	1	0,024	0,088
3	20	0,16	195	175	140	24	1,5	0,036	0,124

Таблица 4.2. Результаты измерений и вычислений цены делений сетки осциллографа

n_1	Δt_1,с	n_2	Δt_2,с	n_3	Δt_3,с
2,3	0,008	2,3	0,008	2,3	0,008

5. Примеры вычислений

5.1 По формуле (1):

$$\Delta t = \frac{0,02}{2,3} \approx 0,008 \text{ (с)}$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{0,008 * 3}{3} = 0,008 \text{ (с)}$$

5.2 По формуле (2):

$$T_{изм1} = 7 * 0,008 = 0,056\ (c)$$

5.3 По формуле (3):

$$T_{выч1} = 24 * 10^3 * 0,5 * 10^{-6} * \ln\frac{195 - 140}{195 - 175} = 12 * 10^{-3} * \ln 2,75 = 12 * 10^{-3} * 1,01 =$$

$$= 0,012\ (c)$$

5.4 По формуле (4):

$$\Delta T_1 = 0,056 - 0,012 = 0,044\ (c)$$

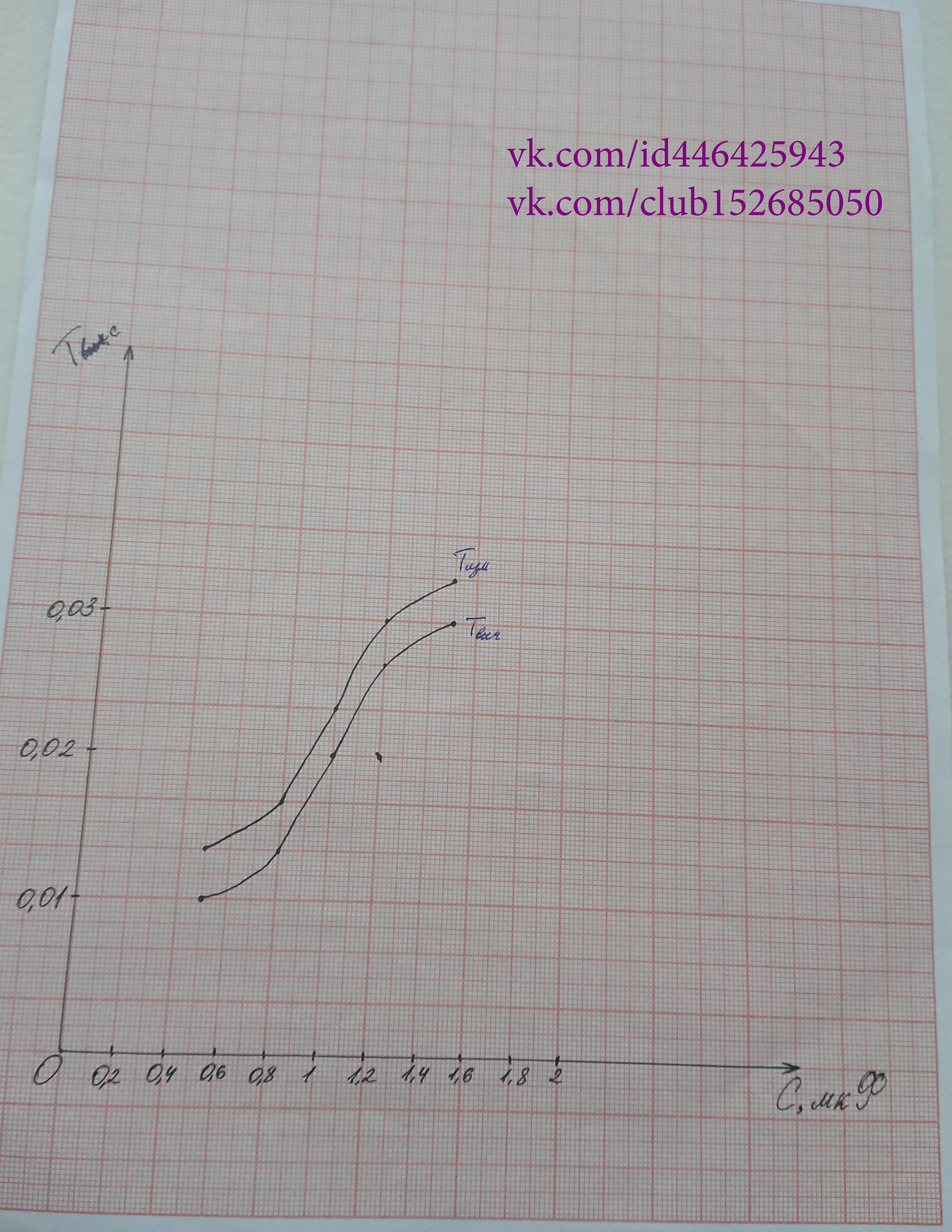
6. Вычисление систематической погрешности

$$\theta_n = 0,2$$

$$\theta_T = \left|\frac{dT_0}{dn}\right| * \theta_n = T_0\theta_n = 0,02 * 0,2 = 0,004\ (c)$$

7. Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были измерены значения релаксационных колебаний в RC-контуре при различных величинах электроемкости контура. Теоретические и экспериментальные значения находятся в пределах погрешности. Следовательно, лабораторная работа выполнена удовлетворительно.


vk.com/id446425943
vk.com/club152685050
0,03
0,02
0,01
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
Тизм
Твыч
С, мкФ



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

Индивидуальное задание
ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
ЛР определение удельного заряда электрона
ЛР определение электроемкости конденсатора
ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
Методички
тест LMS 1
Экзамен
Бипризма Френеля 1
Кольца Ньютона 1
КОНТАКТЫ
Литвинова Надежда Николаевна
ЛР исследование магнитного поля соленоида
ЛР кольца Ньютона
ЛР Проверка законов теплового излучения
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: расчет периодов релаксационных колебаний в *RC*-контуре при различных электроемкостях контура; измерение периодов релаксационных колебаний при помощи электронного осциллографа и сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Методические указания

Релаксационные электрические колебания возникают в контуре, содержащем неоновую лампу тлеющего разряда *Л*, высокоомное сопротивление R и конденсатор C (рис. 1). Если на вход контура подать постоянное напряжение U_0, то возникает электрический ток, заряжающий конденсатор. Закон нарастания напряжения на обкладках конденсатора можно получить из следующих соображений. В произвольный момент времени напряжение на обкладках при заряжении конденсатора равно

$$U_c = U_0 - IR, \quad (1)$$

где I – сила заряжающего тока. Если q – заряд положительной обкладки конденсатора, то сила заряжающего тока по определению

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (2)$$

Заряд на обкладках конденсатора q и напряжение U_c связаны соотношением $q = CU_c$, поэтому

$$I = C\frac{dU_c}{dt}. \quad (3)$$

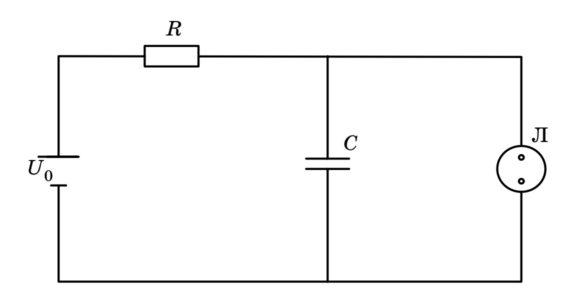


Рис. 1. *Электрическая схема релаксационного генератора*

Подставив (3) в (1), находим

$$U_с = U_0 - RC\frac{dU_с}{dt}. \tag{4}$$

Разделяя переменные в дифференциальном уравнении (4), приходим к выражению, удобному для непосредственного интегрирования

$$-\frac{dt}{RC} = -\frac{dU_с}{U_0 - U_с}. \tag{5}$$

При интегрировании дифференциального уравнения (5) следует учесть, что в начальный момент времени $t_0 = 0$ напряжение на обкладках конденсатора $U_{с0} = 0$. Проинтегрируем левую и правую части уравнения (5)

$$-\frac{t}{RC}\int_0^t dt = \int_0^{U_0}\frac{dU_с}{U_0 - U_с}. \tag{6}$$

Выполнив интегрирование в (6), находим

$$-\frac{t}{RC} = \ln\frac{U_с}{U_0 - U_с}. \tag{7}$$

После простых алгебраических преобразований получим закон нарастания напряжения на обкладках конденсатора

$$U_с = U_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}). \tag{8}$$

Чем больше величина RC, тем длительнее процесс зарядки. Произведение RC имеет размерность времени и называется *временем релаксации* τ. График зависимости $U_с$ от t приведен на рис. 2.

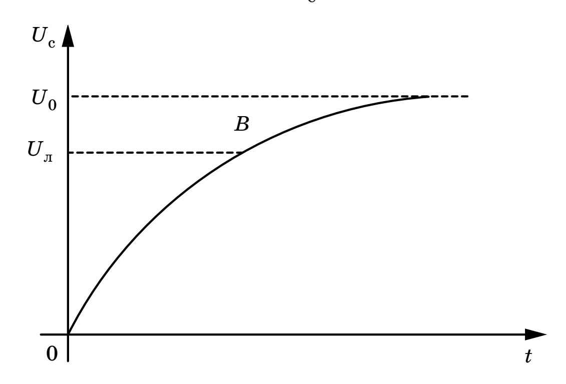


Рис. 2. *Процесс зарядки конденсатора*

Напряжение $U_л$, при котором загорается лампа тлеющего разряда, называется потенциалом зажигания. Если потенциал зажигания меньше напряжения источника питания U_0, то напряжение на обкладках конденсатора может достичь лишь величины $U_с$. После этого лампа тлеющего разряда загорается, и, так как горящая лампа имеет малое сопротивление, через нее начинает разряжаться конденсатор. Но конденсатор разряжается лишь частично, так как разряд прекращается в момент погасания лампы. Момент погасания лампы наступает при уменьшении напряжения до так называемого потенциала погасания лампы U_z. По сравнению с заряжением конденсатора частичная его разрядка происходит практически скачком. Далее начинается подзарядка конденсатора от величины потенциала погасания лампы до потенциала зажигания.

На рис. 3 графически отображен периодический процесс заряжения и разрядки конденсатора в *RC*-контуре. В отличие от графика, приведенного на рис. 2, начальный момент времени на оси абсцисс $t_0 = 0$ для удобства выбран в момент нарастания напряжения на обкладках конденсатора от потенциала погасания лампы U_z. Участок *AB* на графике соответствует стадии зарядки конденсатора от потенциала погасания лампы U_z до потенциала зажигания $U_л$. Участок *BD* на графике соответствует стадии разрядки конденсатора от потенциала зажигания до потенциала погасания. Процесс периодически повторяется с периодом *T*, что и означает возникновение релаксационных колебаний напряжения на обкладках конденсатора.

Предположим, что в момент времени t_1 напряжение на обкладках конденсатора $U_с$ равно потенциалу погасания лампы U_z. При $t > t_1$ конденсатор подзаряжается от источника питания ($U_z < U_с < U_л$) в мо-

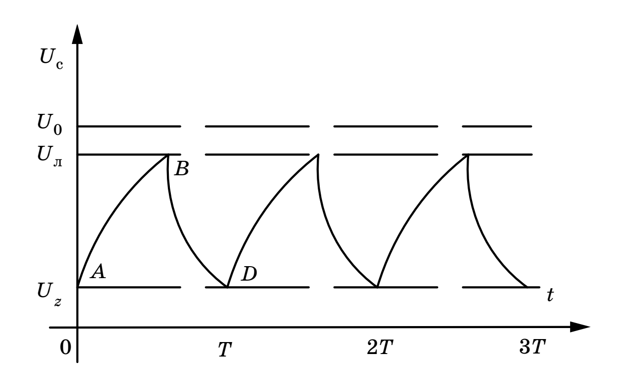


Рис. 3. *Релаксационные колебания*

мент времени t_2 напряжение на обкладках конденсатора становится равным потенциалу зажигания ($U_с = U_л$). Проинтегрируем правую и левую части уравнения (5) в соответствующих пределах

$$\frac{1}{RC}\int_{t}^{t_2} dt = \int_{U_z}^{U_л} \frac{dU_c}{U_0 - U_c}. \quad (9)$$

Выполнив интегрирование, находим

$$\frac{t_2 - t_1}{RC} = \ln\frac{U_0 - U_z}{U_0 - U_л}. \quad (10)$$

Учитывая, что период релаксационных колебаний приближенно равен времени подзарядки конденсатора $t_2 - t_1$, будем иметь

$$T \approx RC\ln\frac{U_0 - U_z}{U_0 - U_л}. \quad (11)$$

Описание лабораторной установки

Для наблюдения релаксационных колебаний и измерения их периода в работе используется электронный осциллограф, основной частью которого является электронно-лучевая трубка (ЭЛТ).

Трубка представляет собой стеклянный баллон с люминесцирующим экраном и впаянными электродами (рис. 4). Между подогреваемым катодом *K*, являющимся источником свободных электронов, и анодами *A1* и *A2*, играющими роль фокусирующей системы, прикладывается высокое напряжение, ускоряющее движение свободных электронов.

Пройдя ускоряющую разность потенциалов, пучок электронов попадает на экран и вызывает его свечение. При этом на пути к экрану пучок электронов последовательно проходит между двумя парами отклоняющих пластин *P1* и *P2*. Если к пластинам *P1* присоединить источник переменного напряжения, например синусоидального, то между пластинами возникает переменное электрическое поле. Под действием этого поля пучок электронов будет колебаться в вертикальном направлении, а светящееся пятно на экране будет совершать колебания вдоль вертикальной прямой. При подаче напряжения на горизонтально отклоняю-

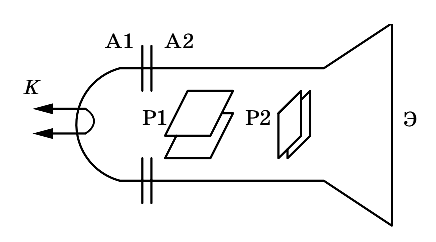


Рис. 4. *Схема ЭЛТ*

щие пластины *P2* светящееся пятно на экране будет перемещаться вдоль горизонтальной прямой. Обычно в осциллографах на пластины подается напряжение, линейно возрастающее со временем и с последующим резким спадом. Тогда при отсутствии напряжения на вертикально отклоняющих пластинах *P1* светящееся пятно на экране будет двигаться с постоянной скоростью вдоль горизонтальной прямой. Как только пятно достигает крайней точки экрана, напряжение на пластинах *P2* резко падает, и пятно практически мгновенно возвращается в исходное положение. Нарастание и спад напряжения на пластинах *P2* повторяется многократно с определенным периодом, который можно измерить. Для того чтобы движение пятна начиналось не из центра экрана, а из крайнего положения, на одну из пластин подается отрицательный потенциал. Смещение пятна под действием линейного напряжения, подаваемого на пластины *P2*, называется *разверткой во времени*. Для получения линейного напряжения развертки в осциллографе смонтирован генератор пилообразных колебаний. Если теперь к пластинам *P1* подключить переменное напряжение с периодом T_1, к пластинам *P2* подключить пилообразное напряжение с периодом $T_2 = nT_1$, где n – целое число, то на экране можно будет увидеть неподвижную картину, отражающую изменение напряжения на пластинах *P1* как функцию времени в течение нескольких периодов. Для измерения амплитуды и периода колебаний напряжения, подаваемого на пластины *P1*, на экран осциллографа наносится сетка. Для градуировки сетки с делителя напряжений, подключенного к сети переменного тока, подается синусоидальное напряжение, и на экране осциллографа наблюдается синусоида с частотой $f = 50$ Гц (период $T_0 = 0{,}02$ с). Наблюдение синусоиды позволяет отградуировать «ось времени» на сетке экрана. Далее проводят наблюдения релаксационных колебаний и определяют их периоды для различных электроемкостей, включенных в цепь *RC*-контура. Амплитудное значение напряжения пропорционально количе-

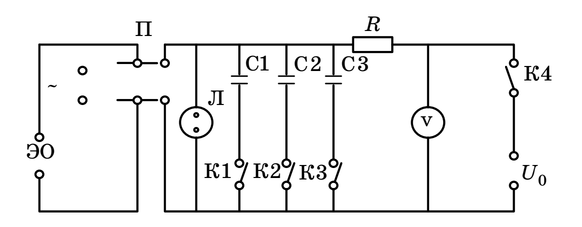


Рис. 5. *Электрическая схема лабораторной установки*

ству делений на сетке, укладывающихся в пределах амплитуды наблюдаемых колебаний. Постоянное напряжение источника питания U_0 измеряется при помощи вольтметра V.

Электрическая схема лабораторной установки приводится на рис. 5 и на передней панели лабораторного макета.

Порядок выполнения работы.

Ознакомьтесь с электронным осциллографом и источником питания, а также с назначением рукояток управления приборами, размещенных на передних панелях. Желательно обратить особое внимание на те рукоятки, которые позволяют включать луч, усиливать яркость пятна и его резкость, а также перемещать пятно на экране осциллографа в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Подключите к макету лабораторной установки осциллограф и источник питания. Макет, осциллограф и источник питания включите в сеть переменного напряжения частотой $f_0 = 50$ Гц. Аттенюатор выходного напряжения источника питания следует установить в крайнее левое положение, соответствующее минимуму выходного напряжения. Замыкая ключи *K1*, *K2* и *K3* магазина емкостей, установите наибольшую емкость. Переключатель *П* нужно зафиксировать в положении «релаксационные колебания». После этого приступайте к наблюдению релаксационных колебаний.

Включите источник питания и осциллограф. После прогрева осциллографа на экране появляется электрический луч и высвечивается горизонтальная полоса. Соответствующими рукоятками горизонтальную полосу установите в центре экрана осциллографа. Замкните ключ *K4*. Медленно увеличивайте напряжение на входе *RC*-контура до момента возникновения релаксационных колебаний. Показание вольтметра, контролирующего напряжение на входе контура, будет соответствовать напряжению зажигания лампы тлеющего разряда $U_л$. Увеличьте входное напряжение на 15–20 В и снимите показания вольтметра U_0. Показания вольтметра $U_л$ и U_0 запишите в табл. 1. Следует подобрать время развертки таким образом, чтобы на экране осциллографа можно было наблюдать не более трех полных колебаний. Отсчитайте число делений вдоль вертикальной прямой, укладывающихся между минимальными и максимальными значениями наблюдаемых колебаний, и умножьте на цифровую отметку переключателя «В/дел.» или «В/см». Полученный результат будет равен амплитуде релаксационных колебаний $U_а$. Потенциал погашения лампы определяется по формуле

$$U_г = U_л - U_а.$$

Вдоль горизонтальной прямой определяется число делений N, в пределах которых укладывается одно полное колебание.

С делителя напряжения, смонтированного внутри макета, при помощи переключателя $П$ на вход осциллографа следует подать синусоидальное напряжение частоты $f_0 = 50$ Гц. Вдоль горизонтальной прямой на экране осциллографа отсчитывается число делений n_1, укладывающихся в пределах одного периода синусоиды. При этом время развертки должно оставаться прежним. Включая и выключая синусоидальное напряжение переключателем $П$, повторите измерения не менее трех раз. Для каждого измерения найдите цену деления сетки на экране осциллографа

$$\Delta t_1 = \frac{T_0}{n_1}.$$

Затем рассчитайте среднее значение цены деления. При помощи ключей *K1*, *K2* или *K3* измените емкость контура и проделайте еще две аналогичных серии измерений. Все данные заносятся в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Контур	n, дел.	$T_{изм}$	U_0, В	$U_л$, В	U_Z, В	R, кОм	C, мкФ	$T_{выч}$	ΔT

Таблица 2

N_1	Δt_1	n_2	Δt_2	n_3	Δt_3

Вычисление результатов и оформление отчета

1. По результатам измерений следует вычислить периоды релаксационных колебаний для каждого значения емкости, включаемой в контур. Для этого умножьте число делений n, в пределах которых укладывается одно полное колебание, на цену деления сетки экрана осциллографа Δt в секундах

$$T = n\Delta t_{ср}.$$

2. Рассчитайте по формуле (11) периоды тех же релаксационных колебаний.

3. На основании экспериментально полученных результатов постройте графики зависимости периода релаксационных колебаний

от емкости, включенной в контур. Для сравнения на том же графике постройте аналогичную теоретическую кривую.

4. Для каждого вычисленного значения периода релаксационных колебаний определите неисключенную систематическую погрешность.

Отчет должен содержать электрическую схему лабораторной установки, расчетные формулы и примеры вычислений, численные результаты, графики и выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение релаксационных колебаний.
2. Изобразите электрическую схему, используемую в лабораторном макете для изучения релаксационных колебаний.
3. Опишите устройство и принцип работы электронного осциллографа.
4. Выведите формулу нарастания напряжения при зарядке конденсатора.
5. Нарисуйте график релаксационных колебаний.
6. Выведите расчетную формулу для определения периода релаксационных колебаний.

Библиографический список

1. *Иродов И. Е*. Электромагнетизм. Основные законы. М.: Лабаратория Базовых знаний, 2002.

2. *Савельев И. В*. Курс общей физики: В 3т. М., 1992, Т. 2.

3. *Трофимова Т. И*. Курс физики. М.: Высш. шк., 1994.

4. *Сивухин Д. В*. Курс общей физики. М., Физматлит. Т. 3. 1996.

5. *Калашников С. Г*. Электричество. М.: Наука. 1977.

6. *Яворский Б. М., Детлаф А. А*. Справочник по физике. М.: Наука. 1990.